

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-251317

(43)Date of publication of application : 28.09.1993

(51)Int.CI.

H01L 21/027

H01J 37/305

(21)Application number : 04-343913

(71)Applicant : AMERICAN TELEPH & TELEGR CO <ATT>

(22)Date of filing : 24.12.1992

(72)Inventor : BERGER STEVEN D
LEVENTHAL MARVIN
LIDDLE JAMES A

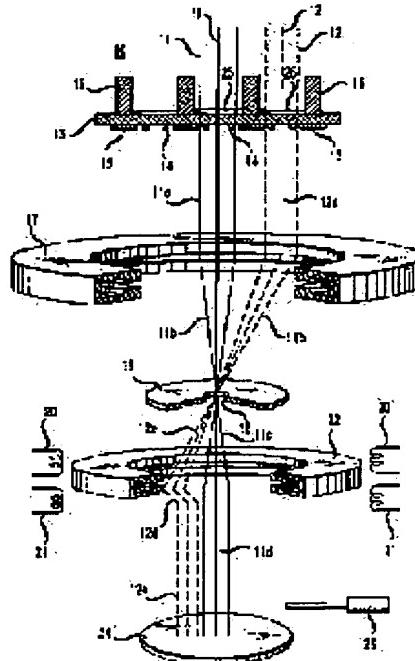
(30)Priority

Priority number : 91 814953 Priority date : 30.12.1991 Priority country : US

(54) PRODUCTION OF DEVICE INCLUDING STEP-AND-SCAN PLOTTING**(57)Abstract:**

PURPOSE: To accurately and quickly control the position of an incident beam by deflecting image forming grains by correlation with direction changing electrolysis having timing and size capable of reorienting grains so as to remove both struts and skirts for image formation.

CONSTITUTION: A skirt area 15 has the same material and thickness as a blocking/scattering area 14. A supporting strut 16 has 1 mm thickness and 1.0 mm height and respective struts 16 are mutually separated so as to regulate mask elements to be 1 mm elements. Energy for changing direction is applied to a deflector 20 so as to reorient a line 12c deviated from an axis and generate a re-oriented line 12d. The function of a deflector 21 executes almost final directional control so as to generate a line 12e. In the case of a plotted process, an image arranged in parallel with a line 11d and annexed to the struts 16 and skirts 15 is removed. Then strut images are removed and elements separated by the struts on a mask are connected to generate a continuous image on an wafer.



[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

03/8025-SUJ

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-251317

(43)公開日 平成5年(1993)9月28日

(51)Int.Cl.⁵

H 01 L 21/027

H 01 J 37/305

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9172-5E

8831-4M

H 01 L 21/ 30

3 4 1 B

審査請求 未請求 請求項の数18(全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-343913

(22)出願日 平成4年(1992)12月24日

(31)優先権主張番号 814953

(32)優先日 1991年12月30日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390035493

アメリカン テレフォン アンド テレグラフ カムバニー

AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH COMPANY

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク ニューヨーク アヴェニュー オブ ジ アメリカズ 32

(72)発明者 スチーブン ディヴィッド バーガー アメリカ合衆国 07928 ニュージャージィ, カザム, センター ストリート 35

(74)代理人 弁理士 岡部 正夫 (外2名)

最終頁に続く

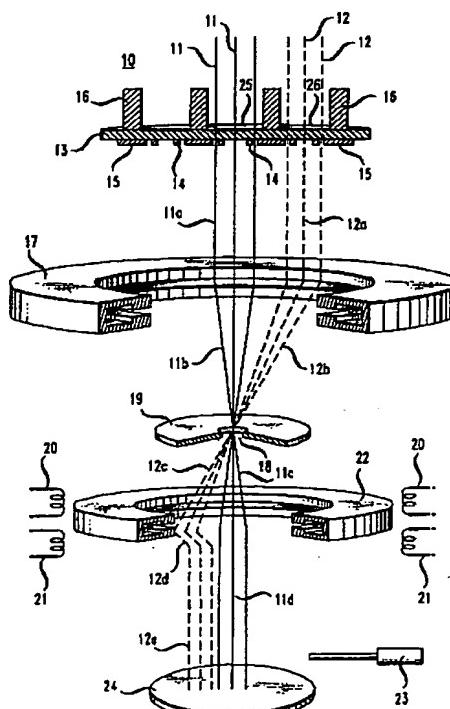
(54)【発明の名称】ステップ・アンド・スキャン描画を含むデバイス作製

(57)【要約】

【目的】 本件発明はサブミクロン設計則で作製される大規模集積回路に代表されるデバイスの作製に関する。

【構成】 本件発明は像形成情報を含む荷電粒子の像形成材料上への投影からなるデバイスの作製方法であつて、像形成情報はマスク要素に依存し、複数のマスク要素は像形成材料上にこのような連続した像を規定するのに必要であり、要素は、(1)支持支柱によって機械的な信頼性を保障するための寸法と堅さを有する支柱と、

(2)そのような支柱に隣接したリソグラフィで規定されるスカート、とに起因して像形成領域と支柱の中間に連続したスカートを規定し、像形成は、構成されたこのような像形成の支柱とスカートの双方を除くよう粒子が団方向づけされるようなタイミングと大きさの方向変化電解との相互作用による像形成粒図の偏向が必要であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 連続した像を含む像形成情報を含む荷電粒子の像形成材料上への投影からなる少なくとも一つのリソグラフィ描画工程を含むデバイス製造方法であって、このような粒子は加速電荷によって決定される速度を有し、マスクの像形成領域を通過することにより像形成情報がこのような粒子に課せられるデバイスの製造方法において、

含まれる像形成情報はマスク要素に依存し、複数のマスク要素は像形成材料上にこのような連続した像を規定するのに必要であり、要素は、(1) 支持支柱によって機械的な信頼性を保障するための寸法と堅さを有する支柱と、(2) そのような支柱に隣接したリソグラフィで規定されるスカート、とに起因して像形成領域と支柱の中間に連続したスカートを規定し、像形成は、構成されたこのような像形成の支柱とスカートの双方を除くよう粒子が再方向づけされるようなタイミングと大きさの方向変化電解との相互作用による像形成粒子の偏向が必要であることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法において、マスク要素は本質的に平行な少くとも1組の支柱及びスカートにより規定されることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項3】 請求項2に記載の方法において、そのような要素を規定するため交差する少くとも2つのそのような組があることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項4】 請求項3に記載の方法において、要素は2つのそのような組により垂直な関係に規定され、それによって長方形の要素が生じることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項5】 請求項2に記載の方法において、そのようなデバイスは、0.5 μmより小さな最小機能寸法をもつ集積回路から、本質的に成ることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項6】 請求項5に記載の方法において、どのような粒子は電子で、加速電圧は少くとも約50kVで、要素領域は連続した開口のない前記阻止領域及びスカートを支持する薄膜を含み、阻止領域及びスカートの両方は前記像形成材料上に到達する可能性が本質的に減少するように、透過電子を統計的に散乱し、それによってそのような像を、阻止領域間のマスク領域を通過した統計的に散乱されなかった電子により構成されるよう規定することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項7】 請求項5に記載の方法において、投影像形成はマスク像の縮小を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項8】 請求項7に記載の方法において、縮小は少くとも2:1の比で直線的で、前記複数の領域中の前記薄膜は、約2000 Åの最大厚をもつことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項9】 請求項8に記載の方法において、投影は

順次像を含む要素を瞬時に順次像投影することを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項10】 請求項2に記載の方法において、そのような粒子はイオンで、加速電圧は少くとも50kVであり、要素領域は加速されたイオンを本質的に吸収する薄膜を含み、そのような薄膜は開口をもち、像情報が囲まれた像形成領域中の開口及び保持され開口のない薄膜材料から本質的になるようになっていることを特徴とするデバイス製造方法。

10 【請求項11】 請求項2に記載の方法において、マスク上に配置されるような少くとも2つの隣接した要素は、少くとも一度、像形成材料上の連続した像中の隣接した像領域を生ずるために用いられ、要素はカタログ要素と表わされるマスクとは異って像形成材料上に配置されることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項12】 請求項11に記載の方法において、マスク上に配置されるような本質的にすべての隣接した領域は、そのような連続した像中で隣接し、そのような連続した像の本質的に全体が、カタログ要素で構成されることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項13】 請求項2に記載の方法において、マスク上に配置されるような少くとも2つの隣接した要素は、少くとも一度、像形成材料上の連続した像中の1ないし複数の他の投影された要素により分離され、カタログ要素と表わされるマスクとは異って像形成材料上に配置されることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項14】 請求項13に記載の方法において、少くとも1つのカタログ要素は、少くとも2度投影され、そのような像の構成において、くり返し像形成することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項15】 請求項13に記載の方法において、少くとも2つのカタログ要素は同一で、前記方法はそのような少くとも2つのカタログ要素間の選択を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項16】 請求項13に記載の方法において、マスク要素の数は、構成されつつある前記像に必要な投影要素の数に比べ減らされることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項17】 請求項1に記載の方法において、マスク要素は位置的に像形成領域に対応し、各マスク要素は像構成中一度投影されることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項18】 請求項1ないし17のいずれかの方法により作製されたデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】本発明の背景

技術分野

本発明はたとえば<0.5 μm>といったサブミクロン設計則で作製される大規模集積回路で最もよく代表されるデバイスの作製に係る。適切な作製には、電子又はイオ

ンの荷電粒子描画エネルギーを用いた投影リソグラフィを含む。

微細化とチップ容量の増加が限りなく進むことにより、多くの先進的な作製方式が生み出された。すべてが現在のデバイスの作製で用いられているものを越えた容量と、 $\approx 0.9 \mu m$ 設計則、1メガビットチップの作製で用いられているものを越えた能力をもつリソグラフィ描画に依存している。

【0003】 現在用いられている近紫外リソグラフィは、恐らく位相マスクの使用を通して、ある程度更に小さな設計則にまで延長される可能性がある。ある程度は、近紫外あるいは遠紫外スペクトルにおける電磁放射に対してさえも、波長の限界により、異なる放射源が必

【0002】 従来技術の記述
【外1】

要となろう。この時点における適切な努力は、大きくX線スペクトルにおける放射の使用に向けられている。

【0004】

【外2】

次第に、X線描画に対する荷電粒子すなわち電子又はイオンビーム描画の利点により、この方式の研究が進められてきた。電子ビーム投影リソグラフィは、 $<0.5 \mu m$ 設計則デバイスの作製に対して選択された道具となる可能性をもっている。経験により顕微的な像形成電子光学の設計及び構築においては60年以上に渡り、また直接書き込み電子ビームリソグラフィに関しては20年以上に渡り、可能性が作られ、適切な装置／プロセス設計への洞察が行われた。50-200kVの範囲（50-200keVの電子を生じる）の可能性のある加速電圧は、等価な波長 $\approx 0.054-0.025 \text{ \AA}$ に変換され、これは考えられている設計則に対する必要条件よりかなり良く、本質的に焦点深度を増し、それによりプロセスバラーメータの厳密さが緩和され、歩留りが上昇する。よく開発された電子光学に対する方式により、像縮小を伴う投影が可能になり、それによって現在大きくなっているマスクの作製が容易になる。

【0005】 吸収ステンシル（開口）マスクを使用することにより、リソグラフィにかなりの制約が課せられる。この方式は環状及び他のそのような周囲をもつマスクの使用を除外する。この制約は相補マスク対の使用で克服されるが、しかし、レベル毎の露出の必要性が2倍になり、生産コスト、位置合せ及び歩留りの価格を増す

結果となる。加えて、マスクの阻止領域中での加速電圧上昇を伴う吸収の増加により、像コントラストと分解能の間の妥協が強いられることになる。

【0006】

【外3】

1989年8月7日に出願された審査中の米国特許、出願第390,139号は、開口マスクの補助使用に対する電子ビームリソグラフィの明白な利点を利用したプロセスを提供している。重要な特徴は、吸収-透過マスクの代りに、散乱-非散乱マスクを置きかえることである。ウエハ前の線交差面上に置かれ、一般的に光学軸上の開口をもつ開口散乱フィルタによる識別によって、分解能及びパターン間隔に必要な $50-200\text{kV}$ 加速電圧が可能になり、一方、80%またはそれ以上の像コントラストが得られる。このプロセスは投影電子ビームリソグラフィにおける環状制限を有する散乱として知られている。

【0007】 SCALPEL方式に対する確信、特に考えられているミクロン以下の設計に対する確信は、吸収

ではなく散乱角に対する依存性により可能となるマスク厚の減少に起因する。簡単に言うと、十分な像コントラ

ストが、はるかに薄くなったマスクにより得られる。50 mradオーダーの散乱角は、統計的には5回の電子一原子相互作用（衝突又は電界の相互作用により明白な偏向を生じる十分接近した通過）により実現しうるが、50

上で述べたことを含む考察により、“薄膜”マスクの使用が導入される。パターンの支持を500-2000 Åオーダーの厚さの薄膜又はメンブレンに依存し、同じオーダーの厚さの“阻止”（散乱領域）を支持するマスクは、 $\approx 0.5 \mu m$ 以下の範囲で少くとも1桁に渡るサブミクロン設計則に対して、明らかに必要なコントラストを生じる。これは $4 \times - 5 \times$ の範囲のマスク-ウエハ縮小に適している。

【0009】像縮小によりマスクサイズが拡大することによる欠点は、すなわち約5 cm幅のマスク（5×の縮小で1 cmのチップを生じる）は、必要な機械的な完全性を持たない。たとえば、部分的又は不完全な粒子吸収から生じた局部的な加熱により生じた曲り／歪は、そのような設計則に要求される極度な精密さを達成する妨げとなる。

【0010】本発明の要約

支柱分割マスクの使用に基く対物面上への像再生である。精密に制御された電子又はイオンの荷電粒子描画ビームの利点を利用している。マスク厚の減少に対応した改善された像特性が実現しうる。考えているマスクは、十分な吸収又は散乱を示す阻止領域、500-2000 Åの範囲かそれより薄い支持された厚さの阻止領域に依存してもよい。通過領域は開口又は透明領域で作られていてよい。それは吸収領域に対して必要なコントラストを与えるのに十分な透明度をもつか、散乱に基く阻止領域を使用するのに必要な条件を満すのに十分な透明度をもつ。本発明のプロセスに従って用いるためのマスクは、必要な機械的完全性、すなわち剛性、曲げ抵抗等と、熱的に導入される歪等のため及びマスク要素間に介在するために、支柱により支持されている。考えられているマスク構造は、介在する機能性マスク領域を規定するため、平行な支柱を含む。マスク領域は長い方の寸法がその方向に複写されるべきパターン全体を生じるような長方形である。一実施例は、X及びY方向支柱の交差によりできた連続格子に依存するか、あるいは長方形の要素を作ってもよい。そのようなマスク領域（又は要素）は、チップパターン全体とともに延びてもよい。

【0011】特定の支柱のパターンには依存せず、本発明の指針は、支柱間の内側の“スカート”と複写すべきパターンに、厳密に依存する。ほとんどの例では、そのようなスカートは支柱の両側を包む。交差する支柱の例では、スカート構造は各支柱が規定する要素の“画像フレーム”内の境界に似ている。

【0012】スカートの基本的な機能は、投影される像の構成／再構成を可能にするため、精密に配置され、寸法をもつ使用要素を提供することである。簡潔に言う

0-2000 Åオーダーの阻止領域厚で達成される。

【0008】

【外4】

と、本発明は2つの機能、すなわち支柱から基本的に生じる機械的なマスクの完全性と、スカートから生じる像の精密さを分離することに依存している。支柱像を省き、マスク上で支柱により分離された要素をつなぐために構成／再構成し、それによりウエハ上に連続した像を生成させることは、好ましい実施例により進められる。その実施例は付随したデバイスパターン形成中のスカ

20 ト描画／作製及び描画／作製の一部を提供する。この実施例に従うと、スカートは吸収（イオンマスクの場合に多い）又は散乱（たとえばSCALPEL用の電子線マスクに有用）のマスク像のパターン形成領域と、同じ材料及び同じ厚さに作ると便利である。この方式により、プロセス価格と歩留りの点で経済的なチップパターン形成プロセスの一部としてスカートを生成するために、パターン描画と現像が可能になる。

【0013】一次元又は二次元格子の一部としてのスカートのそれ以外の機能は、“ビーム形成”と述べてもよい。電子又はイオンの描画粒子エネルギーは、ソースから見た時、強度が弱くなる“減衰”領域又は“ウイング”領域を含むことがある。ウイングは一般にパターン形成には有用ではなく、望ましくない加熱を起すことがある。特に支柱の加熱は、好ましくない像の歪を生じる。本発明のプロセスの最適設計により、そのようなウイングにより生じる支柱の加熱を減すことができる。マスクスカートはビームウイングを本質的に防止すために、支柱に対し垂直方向に、最小幅の寸法をもつよう設計される。散乱に依存する（たとえば散乱-非散乱マスクの一部として）スカートは、ウイングエネルギーを放散させるのに、最も効果的である。スカートが吸収を特徴とする別の構造も、好ましくない支柱の加熱を減少させる。マスク材料、すなわち阻止領域とともに薄膜は、熱伝導率の点から、ウイングにより導入された熱を分散させ、それにより局部的な熱勾配に起因する歪を減すよう選択するのが望ましい。

【0014】横方向のスカート寸法は、詳細な記述で述べるように、寸法的な変動、位置的な誤差に適応するとともに、そのような“ビーム形成”機能を果すような幅をもつとよい。この点での本発明の寄与は、そのような

50

不規則性に対する許容度をより大きくし、マスク価格を下ることを可能にすることである。

【0015】そのような支柱支持マスクを使用することの柔軟性は、荷電粒子照射が、入射ビーム位置の精密で短時間の制御を可能にすることによる。スカート寸法に内在する精密さにより促進されるように、マスクパターン生成に付随するのと同じ精密さ、すなわち必要な精密さをもつ像再生は、磁界又は静電界との相互作用により得られるビーム制御に直接起因する。

【0016】本発明は一般に、像再構成が順次投影される隣接した要素の”ぬいあわせ”に依存する単一要素マスクによるよく用いられる方式を例にして述べられる。この方式を実施するまでの制御性は、荷電粒子ビームの容易な精密制御によるが、別的方式にも適用される。たとえば、プログラムは1つ（又は複数）の要素のくり返し使用にも適用でき、くり返す要素のぬいあわせができる。この点において、マスクは”要素カタログ”の働きをし、全体又は一部に、像形成の際、離れた、あるいは近接した位置で選択し、何度か使われる比較的少数の要素を含んでもよい。ある意味で、この変化により、”再構成”というより像”構成”という方が適切に表現できる像形成プロセスが行える。前者の用語は総称的と考えられ、一般に以下のように用いられる。荷電粒子描画により行われる同じ機構の方式によって、像構成の1ないし複数の要素を省くことができる。同様なやり方で、要素カタログで冗長性をもたせてもよい。すなわち、2ないしそれ以上の同一の要素をマスクが含み、最初欠陥があったか、後に損傷を受けた要素を置きかえてもよい。

【0017】単純に分割された連続チップパターンという単純な考えから離れると、装置の大きさとともに、価格の点でも更に経済的になる可能性がある。冗長性をもたせるためであっても、要素カタログは、くり返し使用のために設計されたものより本質的に少い要素を含んでもよい。このことにより、様々な利点とともに、より小さなマスクの使用が可能になる。たとえば、マスクの価格が下る。マスクの寸法が減少すると、装置もそれに伴って小さくなる。マスクに付随するという点で、恐らくより重要なのは、レンズ系が小さくなるという点の両方において小さくなる。装置の大きさが小さくなるということは、必要な空間及び価格という点で有利である。あるいは、要素の可能な縮小は、マスクに依存し、それは与えられた装置の大きさに対し、マスクからウエハへのより著しい縮小を可能にする。

【0018】本発明のプロセスは”散乱フィルタ”の使用により利益が生じ、このフィルタは一般にマスクにより課される散乱角に基き、選択的に描画放射を通過又は阻止する。散乱-非散乱マスクにより放射に導入されるパターン描画情報に依存したプロセスの場合、散乱フィルタは名目上散乱されない放射を、選択的に通過又は阻止してもよい。前者の機能は光学軸上に配置された開口

10

20

30

40

50

を有する。そうでなければ阻止用のプレート中の簡単な開口が果す。散乱された放射を選択的に通過させることは、同様に配置された環状開口の形をとってもよい（もちろん、恐らく1ないし複数の精密に寸法を決めた要素により、中心に配置された阻止領域の支持をする。）。散乱フィルタはシステムとしては散乱-非散乱とともに、吸収-透過マスクに依存するが、端部散乱を減す働きもあることがある。この目的のために、それは中心に配置された開口に依存してもよい。

【0019】マスクにおいて平行光線で作られる描画放射を例に、適切な光学システムについて述べることは一般的である。マスクから放射される名目上散乱されない描画光線が光学軸に平行なこれらの例では、散乱フィルタはシステムの後焦点面上に置かれる。これらの条件下で、後焦点面はそのような光線が交差する位置を規定する。他の条件下で、交差面は後焦点面とは一致せず、他の場所に散乱フィルタの配置を指定する。交差面上に散乱フィルタを置くことにより、開口寸法が減少でき、散乱角に基く識別が可能になる。散乱-非散乱画形成の例では、分解能は最大になる。

【0020】注意をつけ加えると、散乱フィルタは開口数を規定するという機能を余分に果すことができる。あるいは、第2の開口フィルタは特にこの機能を果すよう設計してもよい。

【0021】詳細な記述

図面

図1

この図はこの例では隣接した要素（25）及び（26）である2つの隣接した要素を照射する場合について、マスク（10）を時間を追って照射する例を概略的に描いている。従って、要素（25）は最初粒子線（11）により照射され、次に要素（26）が粒子線（12）により照射される。図示されるように、マスク（10）は薄膜（13）から成り、それは描かれた装置の例では、開口は作られていない。他で議論されたように、イオン描画用によく用いられる開口マスクは、示されているような図において、他の変化はもたらさない。線（11）及び（12）が電子から成る実施例では、50-200kVの範囲の加速電圧で生じる速度（50-200keVの電子が生じる）が好ましく、薄膜（13）は必要な像形成に対して、十分透明な連続したシートと、不十分な散乱から成る。たとえば、そのような薄膜は0.1μm厚の多結晶シリコンのシートから成ってもよく、その結晶寸法は最小パターン寸法の5分の1といった像形成の条件が許容されるものである。現像されたマスク像は、たとえばこの例では、多結晶タンゲステンから成る散乱領域である阻止領域（14）により規定される。薄膜（10）と同じオーダーの厚さの阻止領域（14）を使用することにより、満足できる実験結果が得られた。一実験例では、0.05μm（50nm又は500）の厚さの

阻止領域を使用した。本発明の好ましい視点に従うと、スカート領域(15)は阻止／散乱領域(14)と同じ材料及び厚さをもち、その結果同程度の阻止、たとえば(好ましいSCALPELプロセスに対して)同程度の散乱を生じる。図2の説明で述べる支持支柱(16)は、たとえば0.1mmの厚さと、線(11/12)からみて高さ1.0mmをもち、たとえば支柱(16)間の1mmの要素であるマスク要素を規定するように、離れている。

【0022】再び現れた線(11a)及び(12a)は10阻止領域(14)又はスカート領域(15)に出会いず、従って散乱されない描画エネルギーの一部を描いている。パターン形成領域(14)及びスカート領域(15)上に入射する、たとえば電子線である照射放射の一部は、ウエハ面まで到達しない程度まで統計的に散乱されるが、それは図示されていない。

【0023】基本的に線(11a)及び(12a)から成る阻止されない照射は、順次電磁気／静電気第1投影レンズにより集められ、それにより図示されるように、再び現れた線(11b)及び(12b)を開口散乱フィルタ(19)上の位置(18)において、交差させ線(11c)及び(12c)を発生させる。上述のように、フィルタ(19)は線(11a)及び(11b)が光学軸に平行な例では、後焦点面上にある。

【0024】線(11c)及び(12c)を平行な関係で束ねたように、それぞれの線を束ねるような構成とパワーを、第2の投影レンズ(25)はもつ。線(11d)の例では、線は照射のため光学軸上で束ねられ、レンズ(22)の機能はウエハ(24)に対し垂直で軸上に入射するのに十分である。たとえば線(12c)で作られた束のような軸からはずれた束の場合、再方向づけが必要である。すなわち、スカート(15)とともに支柱(16)をとび越えるように、補償する必要がある。この“ぬいあわせ”機能はぬいあわせ偏向器(20)及び(21)が行う。偏向器(20)には、線(12c)のような軸からはずれた線を、(12d)と印された位置の線を生じるように、方向を変えるためにエネルギーが加えられる。偏向器(21)の機能は、線(12e)を生じるように、ほぼ最終的な方向制御をすることである。描かれたプロセスの場合、線(11d)と並置され、支柱(16)及びスカート(15)に付随した像をとり除く。

【0025】本明細書の他の部分のように、説明は本発明に独特の装置及びプロセスの点に限定して主に述べる。適用しうる技術は洗練されたレベルにある。すなわち、遭遇する可能性のある異常さとともに、内在する有害な効果を最小にするレベルにある。本発明の指針はそのような装置及び将来の変化とともにプロセスを用いて実施できる。(17)及び(22)のようなレンズは例である。詳細な設計／プロセス条件を含めることは適当

でない。それらのすべては、文献から容易に得られる。この分野の専門家は荷電粒子の焦点をあわせ、より一般的には方向に影響を与えるのに適した装置及び設計に気づく。ピー・ダール(P. Dahl)の、「電子及びイオン光学入門(Introduction to Electron and Ion Optics)」、(アカデミック・プレス、ニューヨーク(1973))のような標準的な教科書を参照すると、静電及び磁気(恐らく電磁)レンズは交換しうることが明らかになる。

【0026】従って、要素(17)及び(22)に関して分析すべきである。描かれている代表的な構造は、環状の双極性で、図示されていない励起コイルを有する。市販の装置は少くとも最初はこの形をとることが多いが、描かれているのは、単に代表的なものを示すことを目的とする。これらの要素を“レンズ”とよぶのは、慣例に従ったものである。レンズ機能は描かれた構造により生じる電界パターンが果す。図示されている番号のついた要素は、実際は信頼のおかる電界パターンの発生器であり、結果ではない。同様に、そのような“レンズ”を2個だけ描いたのは、それ自身例を示すためのものである。像形成は2個のレンズという最小が望ましい。実際の装置は生じるであろう各種の収差を補償するように設計され、1ないし複数の追加された有用なレンズを含んでもよい。

【0027】電流、すなわち検出器上に入射する荷電粒子の数をモニターする目的で、後方散乱電子検出器(23)が含まれる。用途は計算された結果又はあらかじめ適切と見出されている単純な経験的な観察に適合させることに基いてよい。

【0028】上で注意したように、適切な投影装置の設計は、以下のような適切な教科書に基いて設計してよい。すなわち、たとえばピー・ダール(P. Dahl)の「電子及びイオン光学入門」(アカデミック・プレス、ニューヨーク(1973))、エル・エム・マイヤーズ(L. M. Myers)の「電子光学(Electron Optics)」(ファン・ノストランド社、ニューヨーク(1939))及び「磁気電子レンズ(Magnetic Electron Lenses)」(ピー・ダヴリュ・ホークス(P. W. Hawkes)編、スプリングガーフェアラグ、ニューヨーク(1982))である。電子線描画の有用な設計方式は、電子顕微鏡及び直接書き込み装置から得られる経験から、利点が得られる可能性がある。

【0029】本明細書の他の所と同様、具体的な説明は、一例である。たとえば、ぬいあわせはウエハに対し垂直入射する線束に関して述べた。事実、そのような支柱が必ずしも垂直入射する必要がない状況、線束が変化する入射角をもつ状況が考えられる。米国特許出願、第07/852,272号は特に本発明の好ましい種類として役立つ可能性のある方式に向けられている。その出願は像形成情報の移動を含む。すなわち、走査ビームの

要素、又は全体のいずれかが含まれ、その場合ウエハ上へのパターン形成照射を曲げてもよい。図3に描かれているような支柱(42)は、そのような“曲った走査”に適合させるために必要な程度に、傾斜させてもよい。

【0030】この図の説明は他の所での議論と一致し、基本的に本発明から得られる変形に関してである。図はたとえば線(11)及び(12)を構成する適切な粒子源を仮定している。イオン照射とともに電子に対しても適切な周知の源については、他の所で述べられている。

ラドヴィク・ライマ(Ludwig Reimer)「透過電子顕微鏡(Transmission Electron Microscopy)」、(86-99頁、スプリンガーフェアラグ、ニューヨーク(1984))及び「ビームプロセス技術(Beam Processing Technologies)」、(VLSI エレクトロニクス微細構造科学、エヌ・ジー・アインスプラハ(N. G. Einspruch)ら編、アカデミック・プレス、21巻、157-203頁(1989))を参照のこと。

【0031】適当な源は70keVエネルギーに加速された単結晶ランタンヘキサフロライドにより放出された電子を供給する。(適切な陰極源については、上で引用した透過電子顕微鏡中に述べられている。)現時点で、適切な源は約 1×10^6 A/cm²/strad及び約5mAの電流

図2Aは支柱が支持した薄膜マスク(30)を示す。マスク(30)はリング(31)

により支持され、後者は適切な堅さで構成され、温度の許容度と満すべき他の条件にあう。現在の技術で $\approx 1\text{cm}$ のチップを生じるよう設計された单一チップパターンをもつ $4\times$ マスク(30)を仮定すると、リング(31)の内径は $\approx 5-6\text{cm}$ となるであろう。 $\approx 1\text{cm}$ の高さとともに厚さは、ガラスリングに適切であることがわかっている

【0034】

【外6】

の70keV±5eVに加速された電子を生じる。約1mradの開口は照射レンズに対する入口として働き、約1mm²の断面積と本質的に均一な強度の実効的に平行なビームを生じる。図1のマスク(13)のようなマスク上に入射する放出ビームは、この図の議論で考えられる1mmの要素の全体を同時に照射する。今やパターン形成された放出レンズは、(レンズ(17)のような)第1の投影レンズの効果により焦点があわされ、散乱フィルタの100μm径開口内に、焦点を生じる。(10cmの焦点距離と図1に示されたフィルタ(19)のような開口散乱フィルタに許容される1mradの角と一致する。)その後第2の投影レンズを通過し、ぬいあわせ双極子偏向器(20)及び(21)によりシフトすることにより、ウエハ像が再構成される。

【0032】説明はマスクからウエハへの縮小について述べてきた。よくあるのは $4\times$ ないし $5\times$ の縮小比である。本発明の原理は1:1系とともに他のマスクからウエハへの縮小にも等しく適用される。拡大にすらも適用できる。(ただし、現時点では後者についてはほとんど必要性は予想されない。)

【0033】図2

【外5】

図2に示されるように、スカート(34)一囲まれたマスク領域は、支柱の格子(33)により支持され、要素を生じる。 $35 \times 17 \text{ mm}^2$ の機能チップ面積をもつ1ギガビットDRAMと4:1のマスクからウエハへの縮小比を考えると、描かれているマスク(30)は、 $140 \text{ mm} \times 68 \text{ mm}$ のマスク面積を有する。図2Bの詳細な図は、2つの要素(32)を示し、スカート(34)により規定され、支柱(33)により支持され、それぞれW $\approx 0.1 \text{ mm}$ の厚さ、Z $\approx 1.0 \text{ mm}$ の高さをもち、 $\approx 1.0 \text{ mm}$ の要素中心間隔をもつ。薄膜(30)は $500 \text{ \AA} - 2000 \text{ \AA}$ の範囲の厚さ t をもつことが特徴である。上で示した寸法は、シリコン又はシリコン窒化物薄膜材料と、元素シリコン又はシリカを基礎としたガラスで構成された支柱に適していることがわかっている。上で示した支持支柱の寸法は、保存力があり、全体で $\approx 2 \mu \text{m}$ 以下のたわみを生じ、 $0.1 \mu \text{m}$ の設計則に対して必要な精密さを生じるのに適している。最終的な設計は、経験的であることが多い。一般的に、たわみは L^4 に比例し、硬さは t^3 に比例（薄膜厚の3乗に比例）する。

【0035】

図3

この図は支柱(41)及び(42)により支持されたマスク要素(40)を示す。この例における支柱は、 1.3 mm の全長の中心間要素間隔と、 1.0 mm 機能マスク要素及びマスクの像形成領域を生じるよう配置される。そのような寸法は $500 - 1000 \text{ \AA}$ の範囲の薄膜厚に適している。支柱(41)及び(42)は、図示されているように、マスクに接している所の $\approx 0.1 \text{ mm}$ の最大厚から、約 1 mm の高さの場合、恐らく 0.08 mm である最小値まで傾斜している。先に述べたように、傾斜は米国特許出願第07/852,272号で述べられている走査の形状に適合させるのに有用である。

【0036】図4は4A、4B、及び4Cの3つの図から成るが、マスクの構成及び最終的なウエハ像の構成における要素を示す。図示されるように、マスク及びウエハパターンは、1:1のマスクからウエハへの投影に対応して、同じ寸法をもつ。本発明の指針では許されているが、現時点での好ましい実施例は、縮小用である。

【0037】図4Aにおいて、パターン(50)は破線で示された位置において、支柱(55)及び(56)に適合するように、四分の1づつ(51、52、53、54)に分割されている。図4Bはマスク又はマスク部分(59)の対応する領域を示し、例を示す目的で、材料(60)の環状部分上に支持されているように示されている。この図において、今構成された支柱(57)及び(58)(位置(55)及び(56)において)は、そ

れぞれスカート(59)及び(60)により囲まれている。パターン要素(51、52、53、54)はそれぞれマスク要素(61、62、63、64)中に含まれている。

【0038】支柱及びスカート(57、58、59、60)を除くために並列に配置し、要素をとじるように、要素(61ないし64)を順次印刷することにより、図4Cに示されるような像(70)が構成される。

【0039】一般的事項

本発明の要約の中で示唆したように、マスクは多くの形をとってもよく、選択すべき要素のカタログとして働くか含んでもよく、構成されたウエハ像中に、ぬいあわせるように配置してもよい。マスク要素の数を減すことが可能ならば、利点が生じる。すなわち、価格の低下、寸

法の減少等であり、それによって冗長度が増す可能性がある（乙ないしそれ以上の同一の要素を含み、欠陥を許せるようになり、それによってマスク寿命が延びる。）。本発明を最初に使用する場合は、連続したチップパターンを（支柱及びスカートにより）単に分割する現在実施していることを、直接延長する形をとることになる。図面の本体と矛盾せず、この節では主としてそのような点に関して述べる。

【0040】本発明は電子又はイオンの荷電粒子照射の使用に依存する。多くの分割されたマスクからの投影により、順次要素印刷することにより、照射のいずれの形に対しても、精密な質量／電荷比をとれるという利点が得られる。本発明のモードを与えられた要素の印刷中、像又は対物ステージの移動を伴うか、あるいは伴わないステップーアンドーリピートを含んでも含まなくても、位置を精密に制御するためには、その比が不变であるという利点を必要とする。

【0041】支柱に指定された要素全体が同時に投影される最も単純なモードの場合、ぬいあわせるようにするには、図1の要素（20）及び（21）のような偏向器に、プログラムで制御してエネルギーを供給するといった獨得の分野になる可能性がある。1つのモードでは、ぬいあわせを含むリソグラフィ工程は、機械的な移動も含む。このモードにおいて、マスク及びウエハステージの両方は、マスクからウエハへの寸法比に適合するための速度比で動く。（たとえば、速度比とともに考えられている4：1のマスクからウエハへの像比率は、支柱／スカート要素分割に必要な量まで増加した。）図示された2レンズ系の場合、マスクとウエハの移動は反対である。

【0042】他の動作モードが考えられ、本発明の方式

ここで、 r =薄膜の半径、 t =薄膜厚、 σ_f =破壊強度である。0.1 μm厚の多結

晶シリコン薄膜について実験的に観察された~1 GPaの破壊強度は、1.2 mmの要

素寸法の場合の微分圧力~0.9気圧と対応し、この値は考えている要件にかなう。

【0046】格子構造—具体的な要件は、この説明の外で考えられる。構造の一例は、図2に関連して述べられている。最も重要なことは、本発明の方式はスカートにより印刷すべき領域の規定に依存している。スカートは印刷すべき領域上への形状生成に用いられるのと同じ描画／現像プロセス中、規定されるのが望ましい。所望の精密さを生じるための便利なぬいあわせは、そのように許容される。上述のように、スカートは適当な動作条件下で、補助的な役割を果してもよい。それらは本質的に支柱の加熱を避けるか減るために、ビームワイヤ中の描画エネルギーを吸収又は散乱させるような幅をもってよい。そうでないと、加熱により支柱は膨張し、マスクをひずませることになり、よりぬいあわせの制御を必要

から同等の価値が導かれる。そのようなものの1つは、投影すべき要素に比べ小さな径のビームを用いたラスタ走査を含む。この方式は米国特許出願第07/852,272号の斜め走査からも利点が得られるかもしれない。

【0043】マスク設計

先に述べたように、マスク設計について、ここでは単純な連続パターンではあるが、指針の支柱とスカートを備えたマスクについて議論する。更に、議論は一般に、電子照射及び特に電子照射に適した連続、非開口、散乱一非散乱マスクの使用を含む好ましい実施例に関してである。ここでは、マスクの具体的な説明は、例として17×35mmDRAMチップの像形成用に設計された4×縮小システムについて行う。最小マスク寸法は支柱及びスカートに適合するよう線形寸法に対し30%高くすることを許し、90×180μmマスクを生じる。マスク平坦さを±2μm以内に保つため、格子が設計される。

【0044】薄膜領域—支持されていない薄膜の最大面積は、以下の式から導かれる。この式は薄膜に加わる微分圧力Pを、薄膜の最大偏向δ及び薄膜中に生じた応力σと関係づけている。

【0045】

【数1】

$$P = \frac{4 \delta t}{r^2} \left(\sigma_0 + \frac{2 E t^2}{3 (1-v) r^2} \right)$$

$$\sigma f = \left(\frac{E \delta_{\max}^2}{2 r^2} \right) = \left(\frac{P_{\max} r^2}{4 t \delta} \right)$$

30 【外8】

とすることになる。実験条件下で、1mmの名目断面をもつ50kVに加速された電子ビームは、100μmの加熱可能距離まで延びる降下領域（“ウイング”）をもつことが、観察されている。従って、支柱加熱を避けることは、同様な寸法をもったスカートにより実現される。この例において、要素は100μmの支柱を含み、それより高く、全体で300μmである。従って、1×1mm²のマスク印刷面積は、支柱間に1.3×1.3mmの薄膜面積（=30%高い）を必要とする。

【0047】マスク設計に適用しうる他の考えについては、ティモシェンコ(Timoshenko) “プレート及びシェルの理論(Theory of Plates and Shells)” (マグローハル(1940)) に与えられている。第228頁及び第

229頁に述べられた関係は、1ないし $2\mu m$ の最大ひずみに対する許容マスク寸法を与えている。対応する全体の格子寸法すなわち計算されたワーキングマスクの全体の寸法は、2:1の長方形格子の場合のより短い支柱間隔に対して10cm、正方形格子の場合は15cmである。フォトフォームガラスはポリシリコン薄膜と両立てし、他の点では上で仮定した要件にあう感光性ガラスの類の一例である。

【0048】本発明を実施するのに適当なソフトウェア、特にぬいあわせ／像構成に関する詳細な考察は、この説明の範囲内では扱わない。本発明について基本的に、イオン又は電子の質量：電荷の信頼しうる関係及び得られる速度制御により実現される道具を適切に用いることに関して述べてある。本発明の進歩性を生じさせるのは、この特性を実現することである。各種の要因を考慮に入れ、精密な像再構成を生じさせるためのプログラミング／ソフトウェアは知られている。

【0049】組み立て手順

考えている像再構成を確実にするのに必要な各種要因について、適切に述べてきた。プロセス全体をウエハ毎の製造と同時にやってよい。しかし、多くの同一ウエハの製造が考えられている多くの状況下では、様々な修正をすることにより、ある程度時間と費用が節約できる。すなわち、最初のプロセスにおけるゆがみ／ひずみの修正は、製造中の適切な補正及び修正になる。条件を変えるには、多くの補正／修正のくり返しが必要と予想されるが、多くのウエハの製造は、変化せず可能であると予測される。一連の考えられる状況下で、補正是一日単位を基礎に行ってよいと期待される。

【図面の簡単な説明】

【図1】像形成面上にパターンを構成できるような装備をもつ投影装置の一例上に配置された本発明の分割されたマスクの透視図。

【図2】本発明の代表的なマスクを描いた図で、ともに透視図でマスクを描いた図2Aと拡大部分を示す図2B

を含む図。

【図3】支柱とスカートの両方を示すマスク要素の透視図。

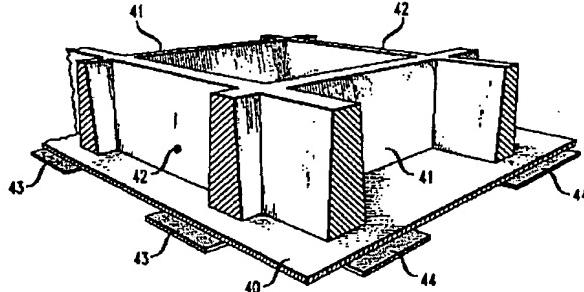
【図4】マスク形成用要素としてパターンを描いた図4Aと、そのようなマスクの対応した領域を示す図4B及びレジスト上に現れた構成された像を示す図4Cを含む図。

【符号の説明】

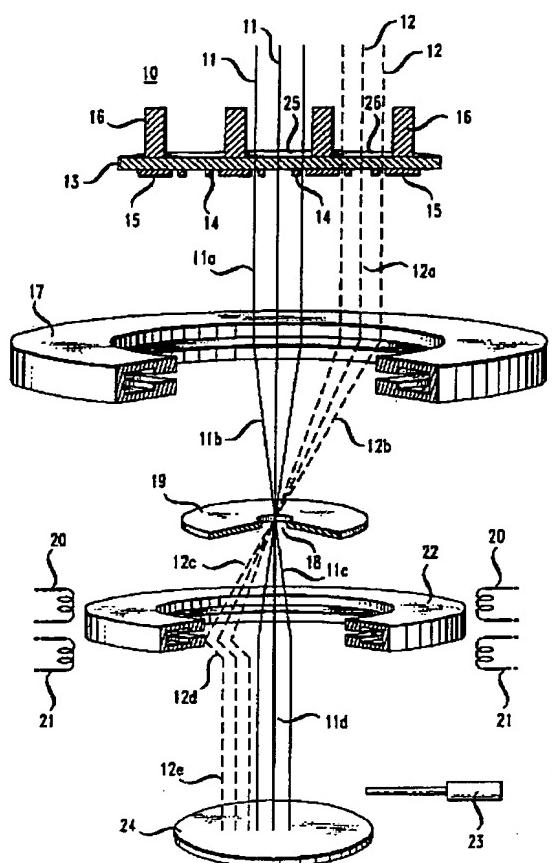
- | | |
|-------------|--------------------|
| 10 | 10 マスク |
| 11、12 | 11、12 粒子線、線 |
| 13 | 13 薄膜、マスク |
| 14 | 14 阻止領域、阻止散乱領域 |
| 15 | 15 スカート領域 |
| 16 | 16 支柱 |
| 17 | 17 レンズ、要素 |
| 18 | 18 位置 |
| 19 | 19 フィルタ |
| 20、21 | 20、21 偏向器 |
| 22 | 22 レンズ、要素 |
| 23 | 23 電子検出器 |
| 24 | 24 ウエハ |
| 25、26 | 25、26 要素 |
| 30 | 30 薄膜マスク |
| 31 | 31 リング |
| 32 | 32 要素 |
| 33 | 33 格子、支柱 |
| 34 | 34 スカート |
| 41、42 | 41、42 支柱 |
| 51、52、53、54 | 51、52、53、54 パターン要素 |
| 55、56 | 55、56 支柱 |
| 57、58 | 57、58 スカート |
| 59 | 59 マスク部分、スカート |
| 60 | 60 材料、スカート |
| 61、62、63、64 | 61、62、63、64 パターン要素 |

30

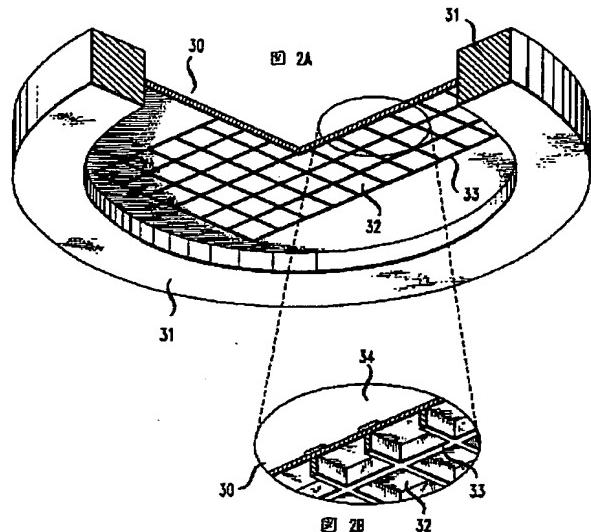
【図3】



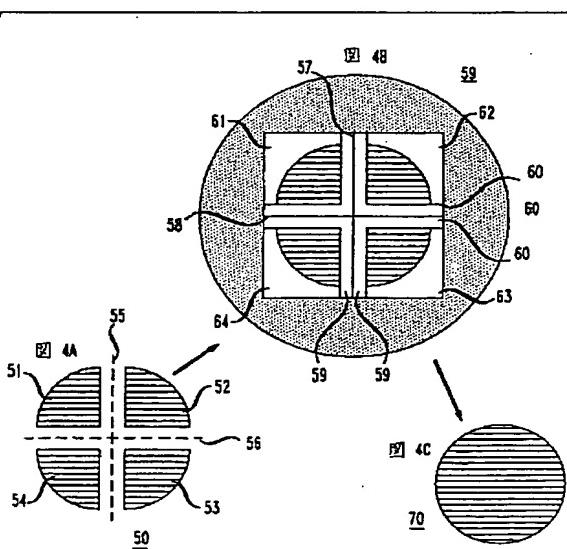
【図1】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 マーヴィン レヴェンザル
アメリカ合衆国 07901 ニュージャーシ
イ, サミット, サンセット ドライヴ 28

(72)発明者 ジェームス エ. リッドル
アメリカ合衆国 07928 ニュージャーシ
イ, カザム, アパートメント シー20, ヒ
ッコリー プレイス 25